

Arrangement for the examination of ions, atoms and molecules in gases and liquids

Publication number: DE3835339

Publication date: 1989-04-27

Inventor: ZIMMER GUENTER PROF DR (DE); DOBOS KARL DR (DE)

Applicant: FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)

Classification:

- international: G01N27/414; G01N27/403; (IPC1-7): G01N27/12; H01L29/78

- European: G01N27/414

Application number: DE19883835339 19881017

Priority number(s): DE19883835339 19881017; DE19873735120 19871016

[Report a data error here](#)

Abstract of DE3835339

An arrangement is described for examining ions, atoms and molecules in gases and liquids using a field-effect semiconductor component. In known gas-sensitive field-effect transistors, the shifting of the threshold voltage by the particles to be detected is used for the measurement. Since the threshold voltage depends strongly on the position of the working point, the measurement is falsified by working-point instabilities. The new arrangement draws, for the measurement, on the change in the amplification factor by the particles to be detected. The gate electrode is composed of partial electrodes (4) which have no conducting connection with the gate contact (3). Under the influence of the particles to be measured, an increasing number of partial electrodes (4) is connected to the gate contact (3), which increases the effective area of the gate electrode and the amplification factor of the arrangement.

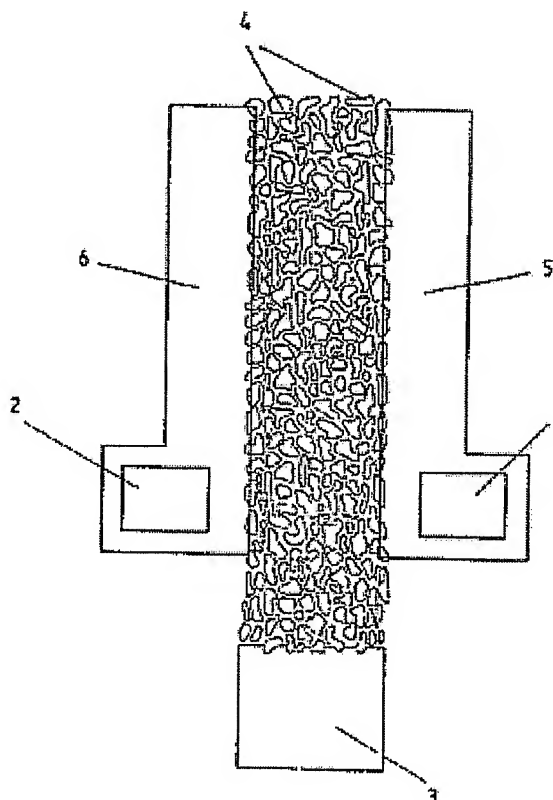


Fig. 2

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3835339 A1

⑤1 Int. Cl. 4:
G01N 27/12
H 01 L 29/78

②1 Aktenzeichen: P 38 35 339.3
②2 Anmeldetag: 17. 10. 88
④3 Offenlegungstag: 27. 4. 89

Schönemann

DE 3835339 A1

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1
16.10.87 DE 37 35 120.6

⑦1 Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 8000 München, DE

⑦2 Erfinder:
Zimmer, Günter, Prof. Dr., 4100 Duisburg, DE; Dobos,
Karl, Dr., 4600 Dortmund, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Anordnung zur Untersuchung von Ionen, Atomen und Molekülen in Gasen und Flüssigkeiten

Beschrieben wird eine Anordnung zur Untersuchung von Ionen, Atomen und Molekülen in Gasen und Flüssigkeiten durch ein Halbleiterbauelement mit Feldeffekt. Bei bekannten gassensitiven Feldeffekttransistoren wird die Verschiebung der Schwellenspannung durch die nachzuweisenden Teilchen zur Messung herangezogen. Da die Schwellenspannung stark von der Lage des Arbeitspunktes abhängt, wird die Messung durch Arbeitspunkt-Instabilitäten verfälscht. Die neue Anordnung zieht zur Messung die Änderung des Verstärkungsfaktors durch die nachzuweisenden Teilchen heran. Die Gate-Elektrode ist aus Teilelektroden (4) zusammengesetzt, die keine leitende Verbindung mit dem Gate-Kontakt (3) aufweisen. Durch Einwirkung der zu messenden Teilchen werden zunehmend mehr Teilelektroden (4) mit dem Gate-Kontakt (3) verbunden, wodurch die wirksame Fläche der Gate-Elektrode und der Verstärkungsfaktor der Anordnung zunehmen.

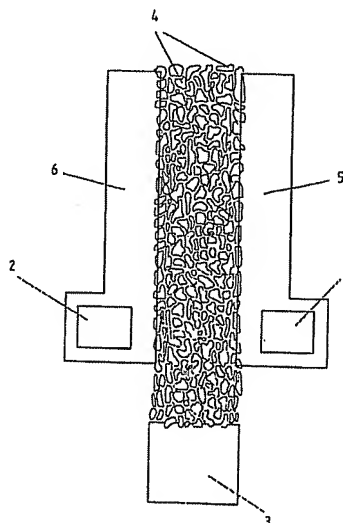


Fig. 2

DE 3835339 A1

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Untersuchung von Ionen, Atomen und Molekülen in Gasen und Flüssigkeiten durch ein Halbleiterbauelement mit Feldeffekt, der durch eine isolierte Gate-Elektrode hervorgerufen ist, sowie ein Verfahren zur Herstellung und ein Meßverfahren unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Anordnung.

Halbleiterbauelemente mit Feldeffekt können zum Nachweis einer Vielzahl verschiedenartiger Atome, Ionen oder Moleküle in Gasen und Flüssigkeiten dienen. Sie werden beispielsweise herangezogen, um die Zusammensetzung von Gasen und Flüssigkeiten zu analysieren oder die Konzentration bestimmter Komponenten zu messen. Aus der Patentschrift DE 29 47 050 sind Metalloxid-Halbleiterstrukturen (MOS) zum Nachweis von Chemikalien in Flüssigkeiten oder gasförmigen Medien bekannt (ISFET, Ion-Sensitive Field Effect Transistor; CHEMFET, Chemical Sensitive Field Effect Transistor). Bei diesen Bauelementen rufen die nachzuweisenden Teilchen eine Verschiebung der Schwellenspannung des Feldeffekttransistors hervor, die zur Konzentrationsbestimmung herangezogen wird. Üblicherweise fließt durch den Feldeffekttransistor ein kleiner konstanter Strom und die durch diesen Strom hervorgerufene Spannung zwischen der Gate-Elektrode und der Source-Elektrode wird gemessen. Durch die Verschiebung der Schwellenspannung tritt eine Änderung der Gate-Source-Spannung auf, die ein Maß für die Konzentration der zu messenden Teilchen darstellt. Da auch eine Verschiebung des Arbeitspunktes des Feldeffekttransistors, die beispielsweise durch Alterung des Bauteils, Temperatur- oder Druckänderung hervorgerufen wird, zu einer Änderung der Gate-Source-Spannung führt, kann das Meßsignal nicht von einer Drift des Arbeitspunktes unterschieden werden. Deshalb eignet sich ein solcher Sensor nur zum Nachweis von Teilchen, bei denen das Meßsignal sehr groß im Vergleich zur üblichen Arbeitspunkt-Instabilität ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Untersuchung von Ionen, Atomen und Molekülen in Gasen und Flüssigkeiten zur Verfügung zu stellen, deren Meßsignal unabhängig von einer Instabilität des Arbeitspunktes ist.

Weiter ist es Aufgabe der Erfindung, ein Herstellungsverfahren und ein Meßverfahren unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Anordnung anzugeben.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist mit ihren Weiterbildungen in den Patentansprüchen gekennzeichnet.

Erfindungsgemäß besteht die Gate-Elektrode eines Halbleiterbauelements mit Feldeffekt aus Teilelektroden, von denen wenigstens einige keine leitende Verbindung mit dem Gate-Kontakt aufweisen. Nur die Teilelektroden, die mit dem Gate-Kontakt leitend verbunden sind, tragen zum Feldeffekt des Halbleiterbauelements bei. Sie bilden die Gateelektrode eines Feldeffekttransistors mit einem niedrigen Verstärkungsfaktor, der um so niedriger ist, je weniger Teilelektroden mit dem Gate-Kontakt in leitender Verbindung stehen. Wenn durch Gas- oder Flüssigkeitszufuhr die isolierten Teilelektroden leitend miteinander verbunden werden, wird die Fläche der Gate-Elektrode vergrößert. Mit vergrößerter Gate-Elektrode wird auch die Kanalfäche und der Verstärkungsfaktor vergrößert. Die Änderung des Verstärkungsfaktors wird als Meßsignal herangezogen.

Nach Anspruch 2 werden die Teilelektroden in einem vorgebbaren mittleren Abstand zueinander angeordnet. Wenn zu messende Teilchen oberhalb einer Schwellen-Konzentration auf den Feldeffekttransistor einwirken, werden alle isolierten Teilelektroden annähernd gleichzeitig leitend miteinander verbunden, wodurch der Verstärkungsfaktor sprunghaft ansteigt. Unterhalb der Schwellen-Konzentration stellt sich ein Gleichgewicht zwischen adsorbierenden und desorbierenden Teilchen ein, das zu keiner leitenden Verbindung zwischen den Teilelektroden führt. Diese Ausgestaltung der Erfindung weist somit zwei Zustände oberhalb bzw. unterhalb einer Schwellen-Konzentration auf und wirkt wie ein Schalt-Transistor.

Wenn die Teilelektroden nach Anspruch 3 nach einem geometrischen Muster ausgerichtet sind, können vorteilhafte Wirkungen der Anordnung erzielt werden. Beispielsweise kann die Schwellen-Konzentration bei dem oben genannten Schalteffekt genau festgelegt werden. Nach Anspruch 4 eignet sich hierfür beispielsweise eine Ausgestaltung, bei welcher die Teilelektroden als Streifen ausgebildet und parallel zueinander angeordnet sind. Bei gleichen Abständen zwischen den Streifen (nach Anspruch 5) werden alle Teilelektroden bei derselben Konzentration der zu untersuchenden Teilchen leitend miteinander verbunden und der Verstärkungsfaktor wird sprunghaft erhöht. Die Streifen können dabei so angeordnet sein, daß zumindest einige mit dem Gate-Kontakt verbunden sind und über den gesamten Kanal verlaufen. Diese Streifen bilden bereits vor dem Kontakt mit dem zu untersuchenden Gas oder der Flüssigkeit eine Gatefläche, die zu einer Transistorwirkung führt. Durch die leitende Verbindung zwischen den Streifen wird die Gatefläche vergrößert, die Transistorwirkung verstärkt. Diese Ausgestaltung ist vorteilhaft, wenn die Anordnung bereits vor der Messung einen bestimmten Verstärkungsfaktor aufweisen soll. In einem zweiten Fall können die Streifen um 90° verdreht verlaufen, wobei vor der Messung höchstens ein Streifen mit dem Gate-Kontakt verbunden ist und die Anordnung noch nicht als Transistor wirkt. Diese Ausgestaltung ist dann vorteilhaft, wenn die Differenz zwischen den Verstärkungsfaktoren vor und nach der Zufuhr der zu messenden Teilchen möglichst groß sein soll.

Neben diesen beispielhaft herausgegriffenen Anordnungen ist die Ausrichtung der parallelen Streifen unter jedem beliebigen Winkel möglich. Die Anordnung der Streifen kann nach Anspruch 6 so gewählt werden, daß die Abstände zwischen den Streifen nach einer vorgebbaren Regel zunehmen. Bei dieser Weiterbildung werden mit zunehmender Konzentration der zu messenden Teilchen mehr und mehr Streifen miteinander leitend verbunden und die Fläche der Gate-Elektrode vergrößert. Auf diese Weise kann die Änderung der Konzentration durch Messung der Veränderung des Verstärkungsfaktors bestimmt werden.

Selbstverständlich ist die Anordnung der Teilelektroden nach geometrischen Mustern nicht auf die beschriebenen Beispiele beschränkt. Wie in einem Ausführungsbeispiel näher beschrieben, können unterschiedliche diskrete Abstände gewählt werden, um bei verschiedenen Schwell-Konzentrationen mehrere sprunghafte Veränderungen des Verstärkungsfaktors zu erreichen.

Genügen die Abstände der Teilelektroden nach Anspruch 7 einer statistischen Verteilung, dann führt im Mittel jede Erhöhung der Teilchen-Konzentration zu einer elektrischen Verbindung weiterer Teilelektroden, so daß ein zur Konzentrationsänderung proportionales

Meßsignal entsteht.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ist in Anspruch 8 gekennzeichnet. Die Teilelektroden liegen in unterschiedlichen Schichten, die durch isolierende Zwischenschichten voneinander getrennt sind. Schichten und Zwischenschichten sind mit Durchlässen für die zu untersuchenden Teilchen versehen. Die Zwischenschichten können sehr dünn gewählt werden (einige Angström), so daß äußerst geringe Abstände zwischen den Teilelektroden entstehen. Damit können sehr niedrige Konzentrationen von Teilchen nachgewiesen werden.

In Anspruch 9 ist eine selektiv wirkende Anordnung beschrieben. Die Teilelektroden sind als leitende Bereiche ausgebildet, die in einem innenporösen Material eingelagert sind. Das innenporöse Material ist für bestimmte Teilchen durchlässig, die in das Material eindringen und die Teilelektroden elektrisch miteinander verbinden.

Nach Anspruch 10 werden die Teilelektroden mit Hilfe von Verfahren hergestellt, die in der Halbleitertechnik üblich sind. Damit können Strukturen im Bereich von wenigen zehntel bis zu einigen zehn μ hergestellt werden. Wesentlich kleinere Abstände zwischen den Teilelektroden werden mit Verfahren erreicht, die in den Ansprüchen 11 und 12 gekennzeichnet sind. Nach Anspruch 11 entstehen die Teilelektroden dadurch, daß eine so dünne Schicht aus leitendem Material aufgetragen wird, daß keine zusammenhängende leitende Fläche entsteht. Durch unvollständiges Aufdampfen können Abstände von wenigen Angström zwischen den Teilelektroden erzielt werden. Ebenso geringe Abstände können nach Anspruch 12 hergestellt werden, indem eine dünne leitende Schicht durch Temperierung, Laser-Temperierung oder Implantation behandelt wird. Die so behandelte Schicht zieht sich zusammen, wobei voneinander getrennte Teilelektroden entstehen. Derart hergestellte Anordnungen eignen sich besonders zum Nachweis geringer Teilchen-Konzentrationen.

Ein besonders vorteilhaftes Verfahren zur Messung der Veränderung des Verstärkungsfaktors ist in Anspruch 13 gekennzeichnet. Dem Transistor, dessen Arbeitspunkt mit einer Gleichspannung stabilisiert ist, wird zusätzlich eine Wechselspannung zugeführt. Die Veränderung des Wechselspannungssignals bei der Einwirkung von Teilchen wird gemessen.

Der Vorteil der Erfindung liegt insbesondere darin, daß zur Messung der Konzentration von Teilchen anstelle der Verschiebung der Schwellenspannung eines Feldeffekttransistors die Änderung des Verstärkungsfaktors herangezogen wird. Da der Verstärkungsfaktor unempfindlich auf eine Veränderung des Arbeitspunktes reagiert, wird das Meßsignal nicht wesentlich von einer Instabilität des Arbeitspunktes beeinflusst.

Die Anordnung eignet sich zur Untersuchung aller Ionen, Atome und Moleküle, die zu einer leitenden Verbindung zwischen den Teilelektroden führt. Beispielsweise können bereits geringe Mengen von Ammoniak oder Kohlenmonoxid nachgewiesen werden. Der Nachweis dieser Gase spielt sowohl für die Reduzierung der Umweltbelastung als auch für chemische Prozeßabläufe eine wesentliche Rolle.

Drei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung in Draufsicht mit regelmäßig angeordneten Teilelektroden,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung in Draufsicht mit statistisch verteilten Abständen der Teilelektroden und

Fig. 3 einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Anordnung mit Teilelektroden in unterschiedlichen Schichten.

Zur besseren Veranschaulichung sind die Teilelektroden und ihre Abstände nicht maßstabgerecht gezeichnet.

Die Anordnung in Fig. 1 besteht aus einem Drain- und einem Sourcebereich 6, die in einer Halbleiteroberfläche integriert sind und den entsprechenden Kontakten 1, 2. Der Gate-Kontakt 3 ist leitend mit drei Teilelektroden 4 verbunden. Die restlichen Teilelektroden 4 sind in einem geometrischen Muster so angeordnet, daß sie fünf Spalten in einem Abstand a bilden. Die Spalten sind in 22 Reihen mit einem kleineren Abstand b unterteilt. Zwischen den Teilelektroden besteht keine leitende Verbindung, so daß keine Transistorwirkung gegeben ist. Wenn die nachzuweisenden Teilchen auf die Anordnung einwirken, werden bei einer bestimmten Konzentration die Teilelektroden innerhalb der Spalten miteinander elektrisch verbunden. Dadurch entsteht eine wirksame Gate-Elektrode aus fünf Leiterbahnen. Die Anordnung besitzt einen Verstärkungsfaktor β_1 . Da alle Abstände b zwischen Reihen gleich sind, setzt die Verstärkung bei einer Schwellen-Konzentration plötzlich ein. Bei weiterer Erhöhung der Konzentration bleibt die Verstärkung bis zum Erreichen einer zweiten Schwellen-Konzentration konstant. Bei Überschreiten der zweiten Schwellen-Konzentration werden auch die Spalten leitend miteinander verbunden und die Verstärkung steigt sprunghaft auf einen Verstärkungsfaktor β_2 . Mit einer solchen Anordnung kann die Existenz von Teilchen nachgewiesen werden, wenn eine erste Konzentration erreicht ist. Erreicht die Konzentration einen zweiten (z.B. kritischen Wert), kann das Überschreiten dieses Wertes angezeigt werden.

Die Teilelektroden 4 der in Fig. 2 dargestellten Anordnung bestehen aus willkürlich geformten leitenden Flächen, die statistisch verteilte Abstände zueinander aufweisen. Eine solche Anordnung kann beispielsweise durch Auftragen einer dünnen geschlossenen Schicht und anschließender thermischer Nachbehandlung hergestellt werden. Mit zunehmender Konzentration der zu messenden Teilchen werden mehr und mehr Teilelektroden 4 untereinander und mit dem Gate-Kontakt verbunden. Der Verstärkungsfaktor der Anordnung steigt proportional zur Konzentration an.

Fig. 3 zeigt eine Anordnung zur Messung geringer Teilchen-Konzentrationen. In ein Halbleitersubstrat 11 sind die bei einem Feldeffekttransistor üblichen stark dotierten Bereiche für Drain 5 und Source 6 eingelagert, darüber ist die Isolationsschicht 8 angeordnet. Die Gate-Elektrode besteht aus Teilelektroden 9 und 10, wobei die Teilelektroden 9 aus einer ersten Schicht unmittelbar auf der Isolatorschicht, und die Teilelektroden 10 aus einer darüberliegenden Schicht herausgebildet sind.

Die Teilelektroden 10 werden durch Distanzstücke 12 getragen. Die Distanzstücke 12 sind aus einer isolierenden Zwischenschicht hergestellt, die den Abstand zwischen den leitenden Schichten bestimmt. Als Zwischenschicht kann eine sehr dünne Oxidschicht von wenigen Angström aufgetragen werden, die zu einem sehr geringen Abstand zwischen den Teilelektroden 9 und 10 aus den verschiedenen Schichten führt. Die eng benachbarten Teilelektroden werden bereits bei sehr niedrigen Konzentrationen leitend miteinander verbunden. Eine

solche Anordnung besitzt deshalb eine hohe Nachweisempfindlichkeit.

zogen wird.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Untersuchung von Ionen, Atomen und Molekülen in Gasen und Flüssigkeiten durch ein Halbleiterbauelement mit Feldeffekt, der durch eine isolierte Gate-Elektrode hervorgerufen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gate-Elektrode aus Teilelektroden besteht, von denen wenigstens einige keine leitende Verbindung mit dem Gate-Kontakt aufweisen. 5
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilelektroden in einem vorgebbaren mittleren Abstand zueinander angeordnet sind. 10
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilelektroden nach einem geometrischen Muster angeordnet sind. 15
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilelektroden als Streifen ausgebildet und parallel zueinander angeordnet sind. 20
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilelektroden gleichabständig angeordnet sind. 25
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abstände zwischen den Teilelektroden nach einer vorgebbaren Gesetzmäßigkeit zunehmen. 30
7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abstände zwischen den Teilelektroden einer statistischen Verteilung genügen. 35
8. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gate-Elektrode aus mehreren leitenden Schichten aufgebaut ist, die durch isolierende Zwischenschichten getrennt sind und Durchlässe für die zu analysierenden Teilchen aufweisen, und daß die Teilelektroden in wenigstens zwei unterschiedlichen Schichten angeordnet sind. 40
9. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gate-Elektrode aus einem innenporösen Material (Molekularsieb) besteht, in welchem leitende Bereiche eingelagert sind. 45
10. Verfahren zur Herstellung einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilelektroden mit Hilfe der Fotolithographie und/oder der Ionenimplantation und/oder der Laser-Ausbrennung strukturiert werden. 50
11. Verfahren zur Herstellung einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilelektroden durch Auftragen einer unvollständigen Schicht gebildet werden. 55
12. Verfahren zur Herstellung einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gate-Elektrode durch Auftragen einer Schicht gebildet wird, die sich durch Temperierung, Laser-Temperierung oder Implantation zusammenzieht, wobei voneinander getrennte Teilelektroden entstehen. 60
13. Verfahren zur Untersuchung von Ionen, Atomen und Molekülen in Gasen und Flüssigkeiten unter Verwendung einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Änderung der Verstärkung eines Wechselspannungs-Referenzsignals als Meßsignal herange- 65

- Leerseite -

Nummer:
Int. Cl.4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

38 35 339
G 01 N 27/12
17. Oktober 1988
27. April 1989

13

3835339

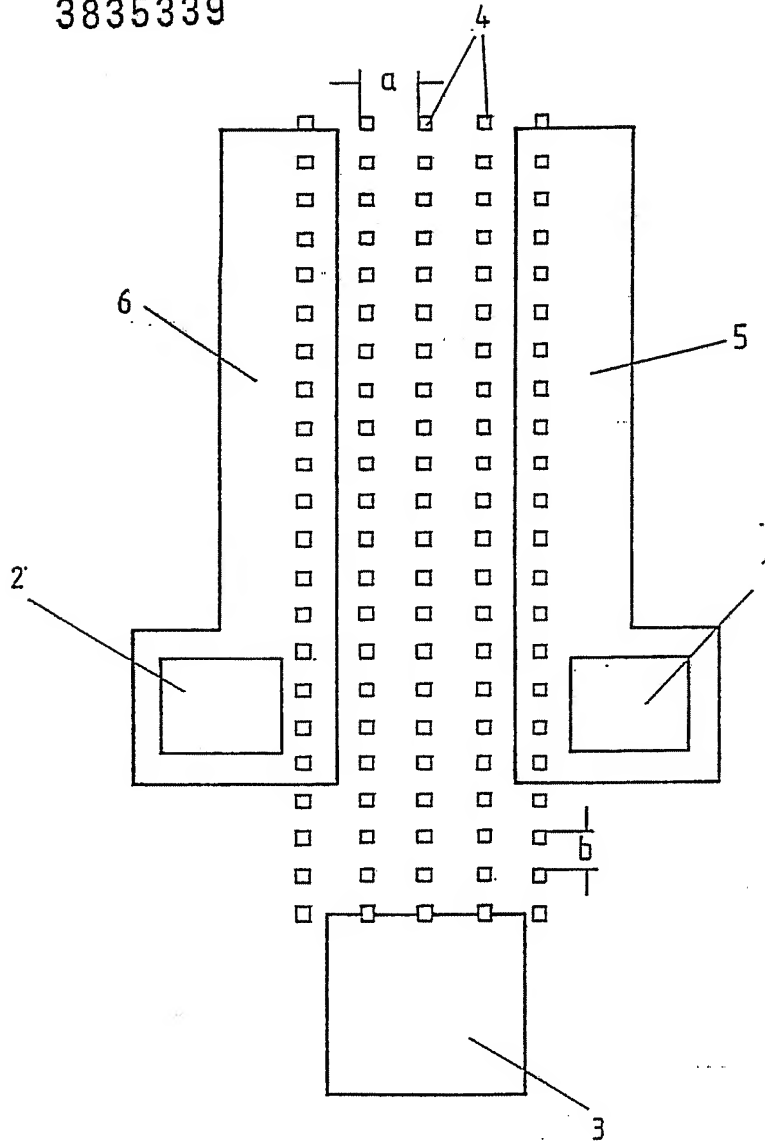


Fig. 1

3835339

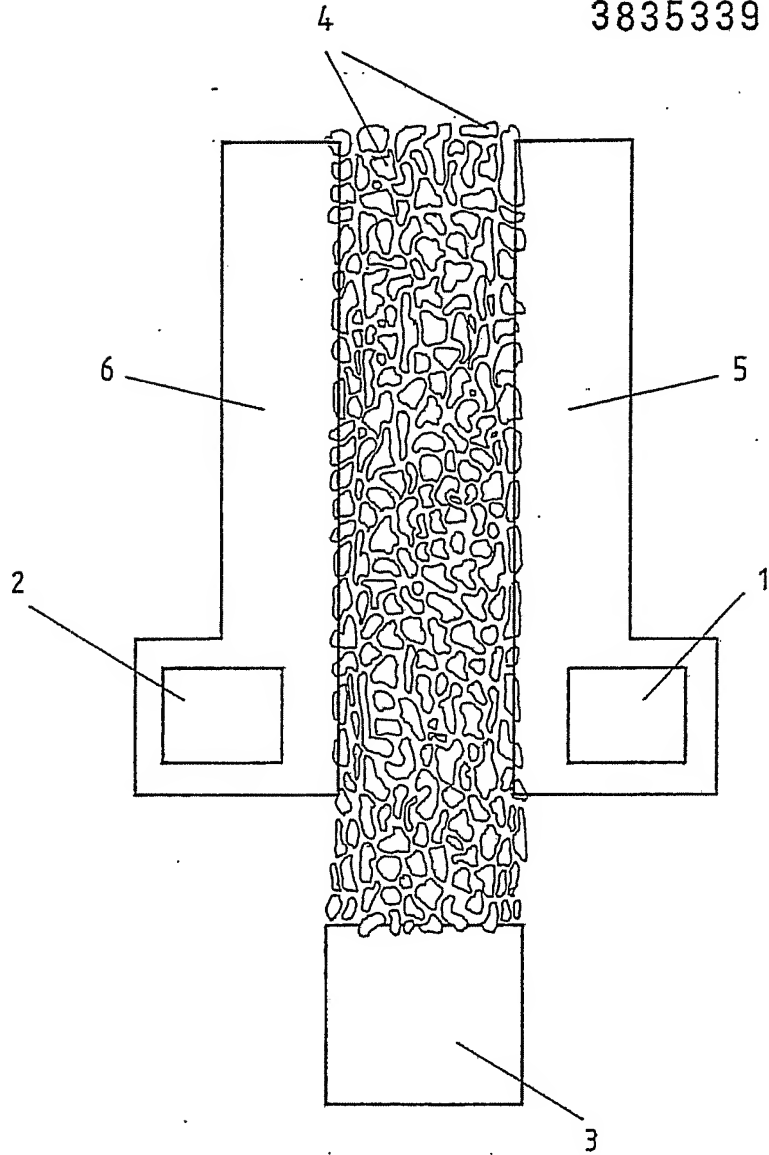


Fig. 2

3835339

15*

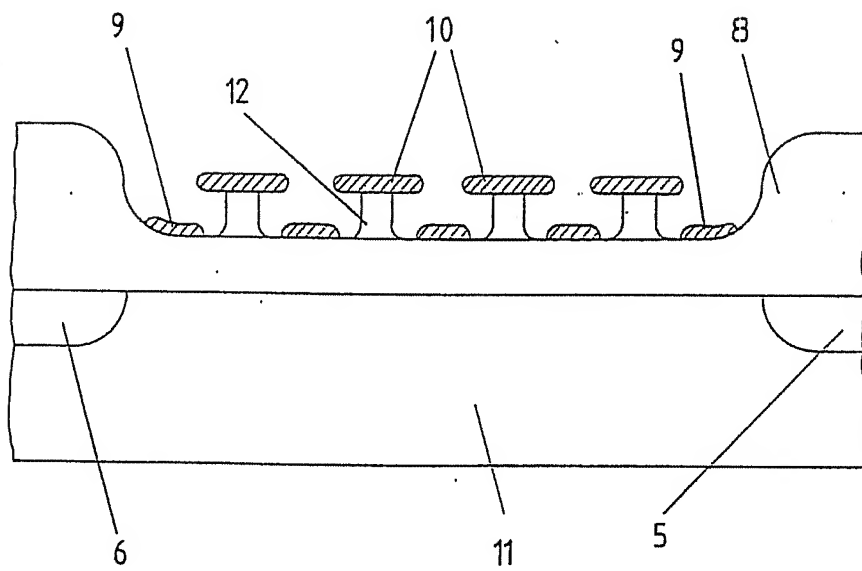


Fig. 3